

**MODEL SPASIAL DINAMIK GENANGAN AKIBAT KENAIKAN MUKA AIR LAUT
DI PESISIR SEMARANG**
(Spatial Dynamic Model of Inundated Area Due to Sea Level Rise at Semarang Coastal Area)

Ifan R. Suhelmi* dan Hari Prihatno

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir
Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan - KKP
Jl Pasir Putih 1 Ancol Timur Jakarta

*Penulis korespondensi. Telp: (021) 64711583, Fax: (021) 64711654;
Email: ifan_ridlo@yahoo.com

Diterima: 10 Desember 2013

Disetujui: 3 Maret 2014

Abstrak

Kota Semarang merupakan kota pesisir di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki topografi datar pada wilayah laut yang biasa disebut dengan kota bawah dan bergunung pada bagian atasnya yang biasa disebut dengan kota atas. Kota bawah memiliki kerentanan yang tinggi terhadap genangan akibat kenaikan muka air laut, hal ini disebabkan oleh kondisi topografi yang datar. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan gambaran secara dinamik distribusi genangan akibat berbagai skenario kenaikan muka air laut. Model spasial dinamik menggunakan Flash yang berfungsi memberikan gambaran secara interaktif dan real time pada berbagai skenario kenaikan muka air laut. Skenario kenaikan muka air laut menggunakan skenario IPCC hingga tahun 2100. Hasil studi menunjukkan bahwa terjadi kenaikan jumlah genangan dari 599,4 ha pada tahun 2020 menjadi 4.235,4 ha pada tahun 2100.

Kata kunci: kenaikan muka air laut, penurunan tanah, model spasial dinamik.

Abstract

Semarang is one of coastal city located at Central Java Province. It has flatten topography at coastal area called "downside town" and hilly topography at upper area called "topside town". Ownside town was highly vulnerable to sea level rise caused by it's topographic condition and the land subsidence phenomena. This research conducted to map the inundated area due to sea level rise at many scenarios of sea level rise. The dynamic spatial model of sea level rise represented using flash technology to show distributed area inundated by sea level rise. The scenario of sea level rise by IPCC prediction was used at this study. The study showed that the inundated area increased from 599.4 ha at year 2020 to 4,235.4 ha at 2100.

Keywords: sea level rise, land subsidence, model spatial dynamic.

PENDAHULUAN

Rob atau disebut juga banjir pasang didefinisikan sebagai banjir yang melanda wilayah dengan elevasi rendah di wilayah pesisir, termasuk estuari dan delta, yang tergenang oleh air payau atau air laut (Marfaei 2004). Hal ini berbeda dengan banjir oleh akibat meluapnya sungai sungai, banjir dalam pengertian ini merupakan perluasan dari sisi kanan dan sisi kiri dari sungai-sungai yang bermuara ke laut atau dekat dengan daerah pantai dan sering tergenang pada waktu terjadinya pasang naik. Banjir menyebabkan terjadinya genangan, yang dapat didefinisikan sebagai daerah rendah di mana air yang masuk ke tempat tersebut tidak dapat mengalir ke tempat lain (Gerald 1992 dalam Wibowo 2006). Genangan tidak hanya disebabkan oleh adanya fenomena yang terjadi secara periodik,

namun juga dapat disebabkan oleh adanya gejala alam yang bisa terjadi sewaktu-waktu seperti adanya tsunami (Kumar dkk., 2008). Pemetaan genangan ini akan berbeda dengan genangan rob.

Pada dasarnya rob merupakan gejala alam yang biasanya terjadi pada saat kondisi bulan penuh atau bulan purnama. Pada saat itu gaya gravitasi bulan terhadap bumi sangat kuat sehingga gerak air laut ke arah pantai lebih kuat, sehingga air laut akan naik pada daratan dengan ketinggian yang lebih rendah dari pasang tertinggi. Selain disebabkan oleh gejala periodik, tren kenaikan muka air laut merupakan penyebab terjadinya genangan (Titus dkk., 1991). Jenis banjir akibat pasang atau rob umumnya terjadi pada dataran aluvial pantai yang letaknya cukup rendah atau berupa cekungan dan terdapat banyak muara sungai

dengan anak-anak sungai sehingga sehingga jika terjadi pasang dari laut maka air akan naik.

Kenaikan muka air laut selain mengakibatkan perubahan arus laut pada wilayah pesisir juga mengakibatkan rusaknya ekosistem mangrove, yang pada saat ini saja kondisinya sudah sangat mengkhawatirkan. Luas hutan mangrove di Indonesia terus mengalami penurunan dari 5.209.543 ha pada 1982 menurun menjadi 3.235.700 ha pada 1987 dan menurun lagi hingga 2.496.185 ha pada 1993. Dalam kurun waktu 10 tahun, dari tahun 1982 sampai 1993, telah terjadi penurunan hutan mangrove kurang lebih 50% dari total luasan semula. Apabila keberadaan mangrove tidak dapat dipertahankan lagi, maka : abrasi pantai akan kerap terjadi karena tidak adanya penahan gelombang, pencemaran dari sungai ke laut akan meningkat karena tidak adanya filter polutan, dan zona budidaya aquaculture pun akan terancam dengan sendirinya (Kimpraswil 2002).

Kimpraswil (2002) juga mengungkapkan bahwa meluasnya intrusi air laut selain diakibatkan oleh terjadinya kenaikan muka air laut juga dipicu oleh terjadinya amblesan tanah akibat penghisapan air tanah secara berlebihan. Sebagai contoh, diperkirakan pada periode antara 2050 hingga 2070, maka intrusi air laut akan mencakup 50% dari luas wilayah Jakarta Utara.

Terancam berkurangnya luasan kawasan pesisir dan bahkan hilangnya pulau-pulau kecil yang dapat mencapai angka 2000 hingga 4000 pulau, tergantung dari kenaikan muka air laut yang terjadi. Dengan asumsi kemunduran garis pantai sejauh 25 meter, pada akhir tahun 2100 lahan pesisir yang hilang mencapai 202.500 ha (Diposaptono, 2002).

Penelitian ini dilakukan untuk memberikan gambaran secara dinamik distribusi genangan akibat berbagai skenario kenaikan muka air laut. Luas dan distribusi genangan rob akibat berbagai skenario kenaikan muka air laut akan digambarkan secara interaktif pada setiap skenario kenaikan muka air laut. Distribusi penggenangan juga memperhatikan berbagai skenario kenaikan muka air laut yaitu skenario pesimis, menengah dan skenario optimis.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dampak subsiden terhadap persebaran genangan rob pada pesisir Kota Semarang terlihat pada Gambar 1. Kajian dilakukan pada wilayah kota bawah Semarang yang memiliki ketinggian antara 0 – 8 meter dpal.

Kajian memanfaatkan data spasial berupa data survei titik tinggi yang dihasilkan oleh Dinas Tata Kota. Pengolahan titik tinggi menggunakan

perangkat lunak ER Mapper dengan metode *gridding*. Titik tinggi detail dikombinasikan dengan titik tinggi bakosurtanal dan data topografi detail skala 1 : 5.000 dengan kontur interval 2 meter. Hasil pengolahan ini berupa model elevasi digital yang akan dijadikan dasar penentuan lokasi genangan akibat kenaikan muka air laut.

Model penggenangan tersebut diperoleh dengan formulasi apabila ketinggian suatu lokasi lebih rendah dari ketinggian kenaikan muka air laut pada suatu tahun, maka lokasi tersebut akan menjadi lokasi yang tergenang. Formulasi tersebut dapat direpresentasikan sebagaimana terlihat pada Formula 1 (ERDAS, 2008 dengan modifikasi).

$$Inun_a = \text{if } i1 \leq x \text{ then } i1 = 10 \text{ else null} \quad (1)$$

Di mana:

$Inun_a$ = peta hasil analisa penggenangan

$i1$ = peta raster dem hasil *gridding* dengan satuan meter

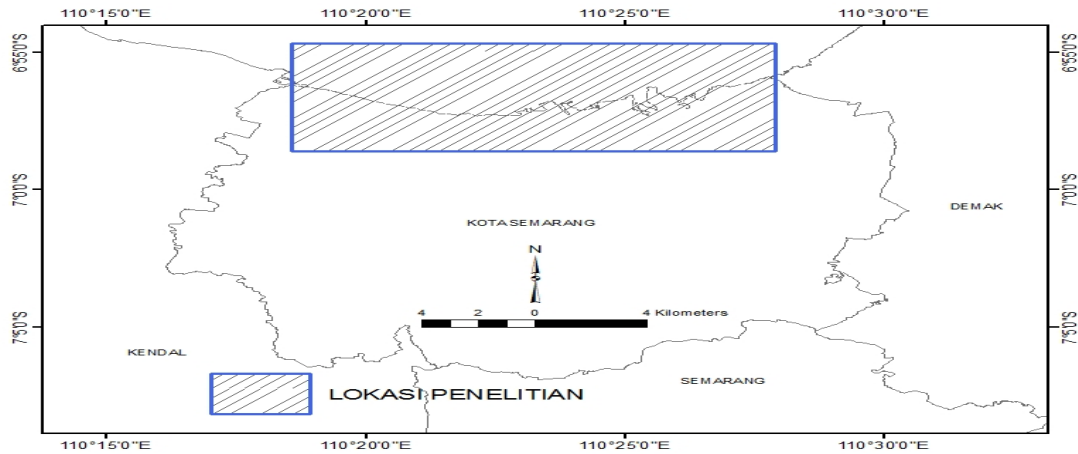
x = nilai ketinggian penggenangan x meter + MSL

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan DEM menggunakan beberapa sumber data. Data topografi untuk wilayah dengan ketinggian di atas 2 meter menggunakan garis kontur ketinggian dengan interval 2 meter. Data di bawah 2 meter menggunakan data titik ketinggian hasil pengamatan Dinas Tata Kota Semarang pada tahun 2007.

Kedua data tersebut digabungkan untuk memperoleh data topografi wilayah pesisir Kota Semarang yang cukup detail. Metode interpolasi menggunakan *Triangulation All Minimum Curvature* dengan ukuran piksel 5 m x 5 m, ukuran piksel dari interpolasi DEM ini mempengaruhi elevasi muka tanah yang terbentuk. Semakin kecil ukuran piksel maka semakin teliti elevasi yang terbentuk. Ukuran DEM serta interval kontur yang digunakan dalam penelitian ini cukup teliti untuk memprediksi daerah genangan. Hasil *gridding* dapat dilihat pada Gambar 2.

Dalam penyusunan model DEM ini dipertimbangkan pula lokasi-lokasi yang tidak tergenang, seperti Pelabuhan dan Bandara. Untuk itu diperlukan modifikasi dan penambahan titik ketinggian sehingga lokasi-lokasi yang tidak terkena banjir pasang dapat digambarkan dengan baik, dalam hal ini disebut sebagai DEM terkontrol (Marfai, 2004). Daerah yang tidak tergenang adalah lokasi dengan ketinggian lebih dari tinggi muka air tinggi (HWL). Lokasi yang tidak tergenang dapat pula dideleniasi dari peta topografi dan Citra Satelit Quickbird tahun 2009, dipolygonkan, dirasterisasi dan diberikan nilai ketinggian tertentu



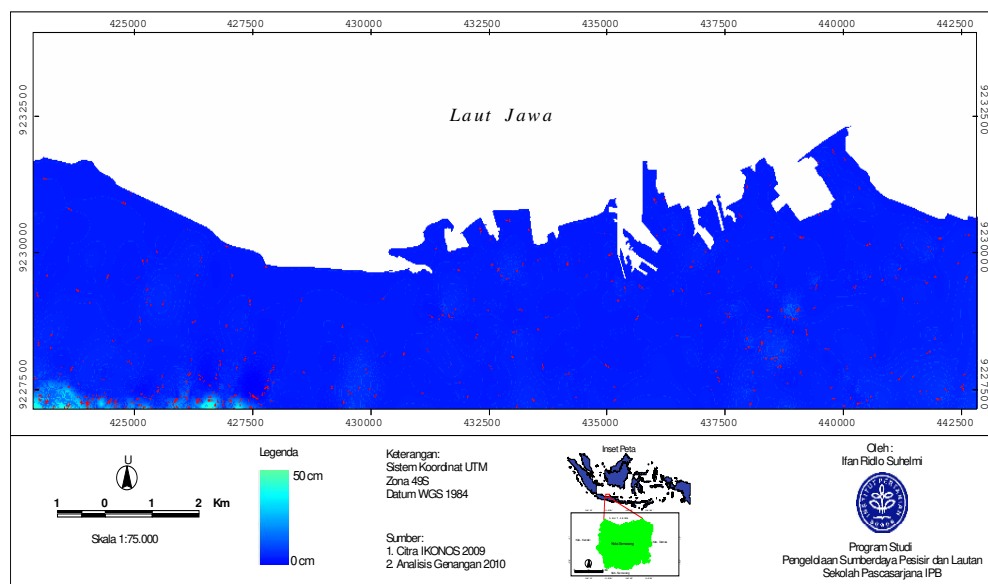
Gambar 1. Lokasi penelitian

Berdasarkan data elevasi digital tersebut, kemudian diformulasikan dengan menggunakan perangkat lunak ER Mapper menggunakan Formula 1 diperoleh distribusi genangan pada berbagai ketinggian kenaikan muka air laut. Jenis penggenangan akibat naiknya muka air laut menurut Setiyono dkk. (1994) dibedakan menjadi 3 macam.

Pertama adalah penggenangan permanen yaitu penggenangan rob yang disebabkan kenaikan muka air laut terhadap garis pantai bergeser ke arah daratan. Besarnya pergeseran garis pantai ke arah daratan tergantung pada topografi daerah setempat. Biasanya penggenangan ini akan dialami langsung oleh kawasan pesisir yang berbatasan dengan garis pantai di pinggiran-pinggiran sungai dekat muara sungai.

Kedua adalah penggenangan sesaat yaitu penggenangan yang dialami pada saat terjadi pasang tinggi tertinggi akan tetapi setelah surut kawasan tersebut terbebas lagi. Pada daerah ini berpotensi mengalami penggenangan permanen bila muka air laut terus mengalami kenaikan.

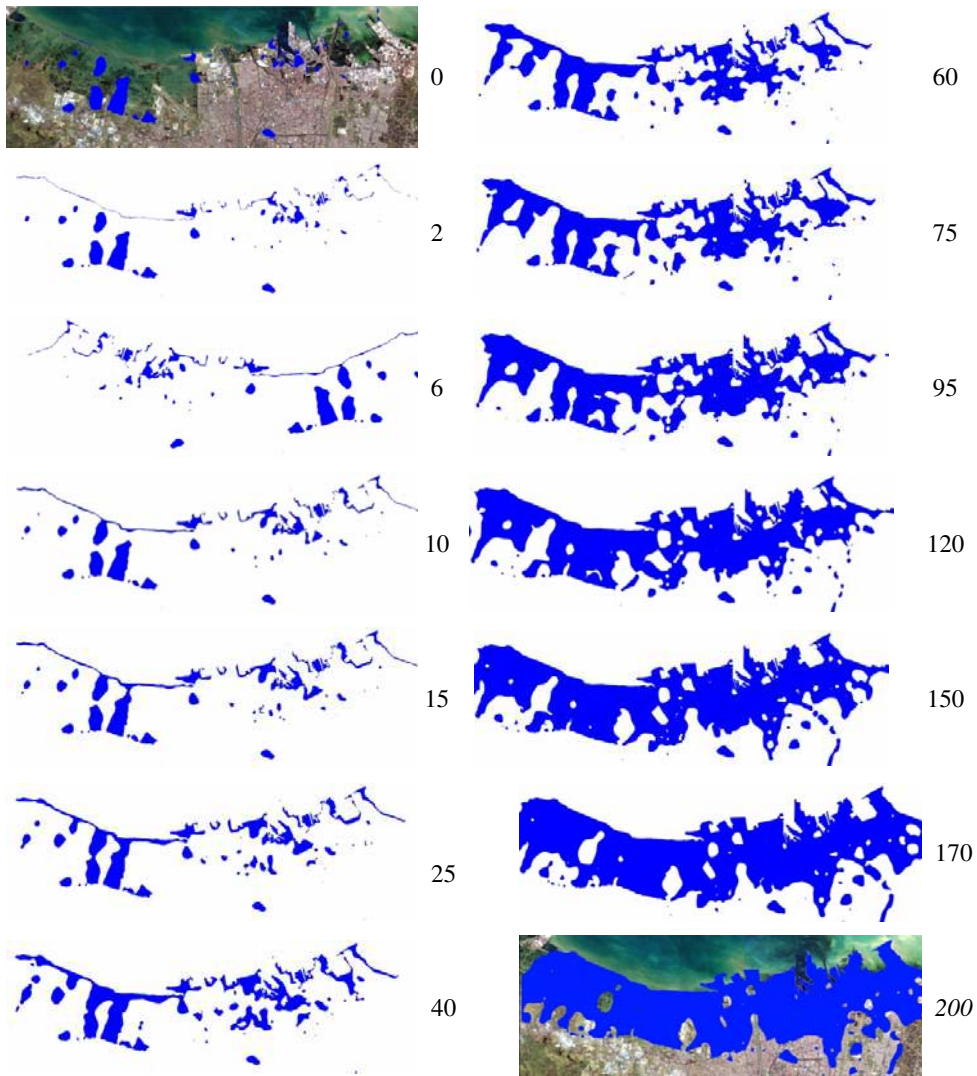
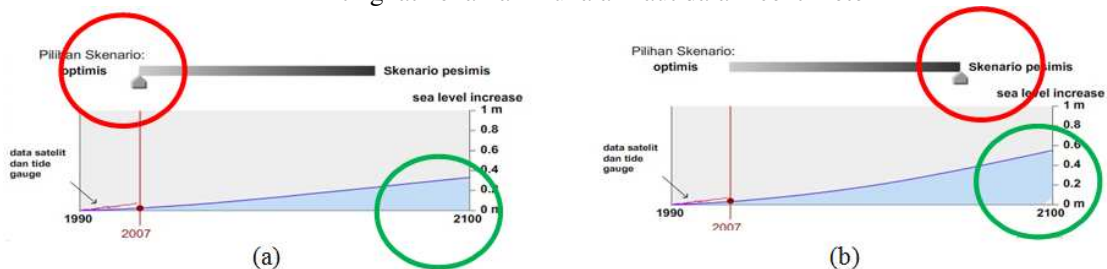
Ketiga berupa penggenangan semu yaitu bilamana suatu kawasan tersebut tidak terjadi penggenangan air laut tetapi terkena pengaruh penggenangan, yaitu melalui perembesan air laut yang masuk melalui pori-pori tanah ke arah daratan. Hal ini terlihat dan kawasan di mana permukaan tanahnya selalu lembab atau basah disebabkan pengaruh air laut yang bergerak melalui bagian bawah permukaan.



Gambar 2. Peta ketinggian pesisir Kota Semarang hasil pengolahan titik tinggi.

Tabel 1. Estimasi luas genangan akibat kenaikan muka air laut pada skenario optimis dan pesimis

No	Tahun	Skenario	
		Optimis (ha)	Pesimis (ha)
1	2020	599,4	1069,5
2	2050	701,1	1850,9
3	2080	763,8	2232,7
4	2100	823,6	4236,4

**Gambar 3.** Genangan pada berbagai skenario kenaikan muka air laut, angka di kanan gambar menunjukkan tingkat kenaikan muka air laut dalam centimeter**Gambar 4.** Skenario kenaikan muka air laut pada tahun 2100 pada skenario (a) optimis dan (b) pesimis

Pada model ini akan menggambarkan genangan permanen yang akan terjadi apabila kenaikan muka air laut pada suatu nilai tertentu. Genangan tidak permanen berkaitan dengan pasang surut laut. Gambar 3 menunjukkan genangan akibat kenaikan muka air laut pada berbagai level ketinggian. Genangan yang digambarkan merupakan genangan permanen yang berarti jika terjadi kenaikan muka air laut dengan ketinggian tertentu maka batas genangan tersebut merupakan garis pantai baru dengan nilai ketinggian tertentu.

Berdasarkan data genangan pada berbagai tingkat kenaikan muka air laut, selanjutnya disusun model dinamik dengan memanfaatkan data genangan pada berbagai skenario kenaikan muka air laut. Gambar 3 menunjukkan skenario kenaikan muka air laut yang bersifat interaktif, dapat digeser sesuai dengan skenario yang diinginkan. Skenario kenaikan muka air laut menggunakan nilai kenaikan muka air laut IPCC dengan kenaikan optimis pada tahun 2100 sebesar 59 cm

Gambar 4 menunjukkan perubahan skenario kenaikan muka air laut, pada gambar 4(a) menunjukkan skenario kenaikan muka air laut optimis pada tahun 2100 sebesar 23 cm. Gambar 4(b) menunjukkan skenario pesimis dengan kenaikan muka air laut sebesar 57,6 cm pada tahun 2100. Nilai kenaikan muka air laut tersebut merupakan dasar dalam penyusunan model spasial dinamis kerentanan genangan yang terjadi.

Pada Gambar 4 apabila pilihan skenario dirubah dari skenario optimis ke skenario pesimis (lingkaran merah pada gambar 4a dan 4b), maka secara otomatis akan digambarkan kenaikan muka air laut sesuai dengan skenario yang diinginkan (lingkaran hijau pada gambar 4a dan 4b).

Berdasarkan hasil analisa kerentanan genangan akibat kenaikan muka air laut, dapat dihitung estimasi luas genangan pada berbagai skenario optimis dan skenario pesimis. Sebagai gambaran, luas genangan akibat kenaikan muka air laut berdasarkan prediksi kenaikan muka air laut IPCC (2007) menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Pada skenario optimis dan pesimis terlihat kenaikan yang berlipat, pada skenario optimis 599,4 ha menjadi 1.069,5 ha pada skenario pesimis. Genangan akibat kenaikan muka air laut akan berpengaruh pada garis pantai. Garis pantai baru merupakan garis pantai yang digenangi oleh air laut dan bersifat permanen.

Model yang disusun mampu menggambarkan berbagai genangan yang terjadi akibat kenaikan muka air laut seperti terlihat pada Gambar 2. Untuk kondisi Kota Semarang, selain faktor kenaikan muka air laut terjadi pula amblesan tanah. Sutanta dan Hobma (2002) mengemukakan bahwa pada

tahun 2001 terdapat beberapa daerah yang memiliki nilai ketinggian negatif artinya di bawah MSL, bahkan berdasarkan prediksi yang dibuat diperkirakan pada tahun 2019 mencapai MSL – 2,1 m. Artinya bila kondisi ini tetap dibiarkan seperti ini bukan tidak mungkin daerah Semarang Bawah akan tenggelam. Faktor amblesan tanah apabila dimasukkan ke dalam model akan memberikan dampak yang sangat besar.

KESIMPULAN

Kenaikan muka air laut pada skenario optimis dan pesimis akan memberikan dampak genangan yang sangat berbeda. Pada tahun 2100 dapat diestimasi luas genangan 823,6 ha pada skenario optimis dan meningkat menjadi 4.236,4 ha pada skenario pesimis. Kenaikan muka air laut akan berpengaruh terhadap perubahan garis pantai yang disebabkan oleh penggenangan secara permanen daratan oleh air laut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir atas dukungannya dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih dan penghargaan kepada Dr. Ahmad Fahrudin dan Muhamad Helmi, M.Si atas saran dan masukan yang membangun dalam penyusunan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Diposaptono, S., 2002. *Pengaruh Pemanasan Global terhadap Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil di Indonesia*. Direktorat Bina Pesisir Direktorat Jenderal Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil DKP, Jakarta.
- ERDAS, 2008. *ER Mapper User's Guide*, Norcross USA. <http://www.geospatial.intergraph.com>
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis Summary for Policy Makers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Paris: IPCC February 2007. http://www.aaas.org/news/press_room/climate_change/media/4th_spm2feb07.pdf [2 Juli 2009].
- [Kimprawil] Dinas Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002. *Antisipasi Dampak Pemanasan Global melalui Penataan Ruang. Prosiding Seminar Sosialisasi RTRWN dalam*

- rangka Roadshow dengan Departemen Kelautan dan Perikanan*. Jakarta.
- Kumar, C.S, Murugan, P.A., Krishnamurthy, R.R., Batvari, P.D., Ramanamurthy, M.V., Usha, T., dan Pari, Y., 2008. Inundation Mapping, A Study based on December 2004 Tsunami Hazard Along Chennai Coast, Southeast India. *Nat. Hazards Earth Syst Sci.*, 8:617–626.
- Marfai, M.A., 2004. Tidal Flood Hazards Assessment: Modelling in Raster GIS, Case in Western Part of Semarang Coastal Area. *Indo. J. Geography*. 36(1):25-28.
- Setiyono, H., Sukmaningrum, S., Haryo, D., dan Tri, W.W., 1994. *Isu Kenaikan Muka Air Laut Global pada Pesisir Pulau Jawa. Studi Kasus di Tiga Kota Besar (Jakarta, Semarang, Surabaya)*. Pusat Studi Lingkungan Hidup. Lembaga Penelitian UNDIP, Semarang.
- Sutanta, H dan Hobma, T.W., 2002. Preliminary Assessment of The Impact of Land Subsidence and Sea Level Rise in Semarang, Central Java, Indonesia. *Proceeding PORSEC*. Bali
- Titus, J.G., Park, R.A., Leatherman, S.P., Weggel, J.R., Greene, M.S., Mausel, P.W., Brown, S., dan Gaunt, C., 1991. Greenhouse Effect and Sea Level Rise: The Cost of Holding Back the Sea. *Coast Manage.*, 19:171-204.
- Wibowo DA. 2006. *Analisis Spasial Daerah Rawan Genangan Akibat Kenaikan Pasang Surut (Rob) di Kota Semarang*. Skripsi Sarjana Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang.